

УДК 551.24;557.4

ОРОТЕКТОНИЧЕСКИЙ МЕТОД: ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ГЕОЭКОЛОГИИ

© 2017 г. С. А. Несмеянов

*Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН,
Уланский пер., д. 13, стр. 2, г. Москва, 101000 Россия. E-mail: voa49@mail.ru*

Поступила в редакцию 26.02.2016 г.

Рассматриваются история формирования и содержание комплексного оротектонического метода, который направлен на выявление новейших структур и поэтапный анализ вертикальных тектонических движений в областях орогенических и активных платформенных воздыманий. Метод включает 1) возрастное расчленение рельефа и картографирование его разновозрастных элементов, 2) выделение генетических комплексов (типов седиментации) континентальных отложений, 3) иерархический стратиграфический и циклический анализ образований террасового генетического комплекса для количественной оценки поэтапных новейших движений, выявления активных структур, определения режима и тенденций развития вертикальных тектонических движений, 4) картографирование морфоструктур, 5) анализ тектоно-климатической этапности и количественные палеотектонические и палеогеографические реконструкции, 6) анализ этапности морфоструктурного преобразования орографически выраженных новейших тектонических структур. Использование оротектонического метода позволило рассмотреть ряд важных проблем, в том числе соотношение роли тектоники и климата в террасообразовании; эрозионно-аккумулятивных и горно-ледниковых циклов; эрозионно-аккумулятивных циклов с подразделениями общей стратиграфической шкалы неоплейстоцена; детализации поэтапных количественных палеотектонических и палеогеографических, особенно палеогипсометрических реконструкций и др. Практическое значение оротектонического метода заключается в составлении региональных и межрегиональных стратиграфических схем неоплейстоцена на основе анализа террасообразования, составлении иерархических схем неоструктурного районирования, выявлении сейсмогенерирующих и активных тектонических структур и оценке их опасности для строительства, определении режима и тенденций развития орогенических движений и др. Оротектонический метод можно рассматривать как перспективный, эффективный, развивающийся и важный для геоэкологии.

Ключевые слова: *оротектонический метод, возрастное расчленение рельефа, генетические комплексы континентальных отложений, эрозионно-аккумулятивный цикл, терраса, ледник, складчатые, блоковые, разрывные структуры, геоморфологический уровень, геоэкология, геодинамика, сейсмотектоника, палеогеоэкология.*

Оротектонический метод нацелен на выявление новейших тектонических структур и поэтапный анализ вертикальных тектонических движений в областях орогенических и активных платформенных воздыманий на основе возрастного расчленения рельефа и пространственной корреляции разновозрастных геоморфологических уровней с учетом генетических комплексов континентальных отложений при датировке этих уровней. Метод важен для изучения опасных геологических процессов и палеогеоэкологических реконструкций в геоэкологии. Отдельные элементы оротектонического метода формировались длительное время [10, 11, 14, 16]. Объединение этих элементов в единый комплексный метод

произошло применительно к недавно оформленному научному направлению – инженерной геотектонике [15].

Для становления оротектонического метода определяющим стало появление в конце XIX и начале XX веков представлений В. Дэвиса о геоморфологическом цикле и В. Пенка – о предгорной лестнице террас (Piedmont treppen), как основе возрастного расчленения рельефа. Было показано, что основная часть форм рельефа в областях континентальных поднятий создается в результате многократного врезания водных потоков и параллельного отступления склонов. Эти идеи с 30-х годов прошлого века стали активно разрабатываться среднеазиатскими исследователями

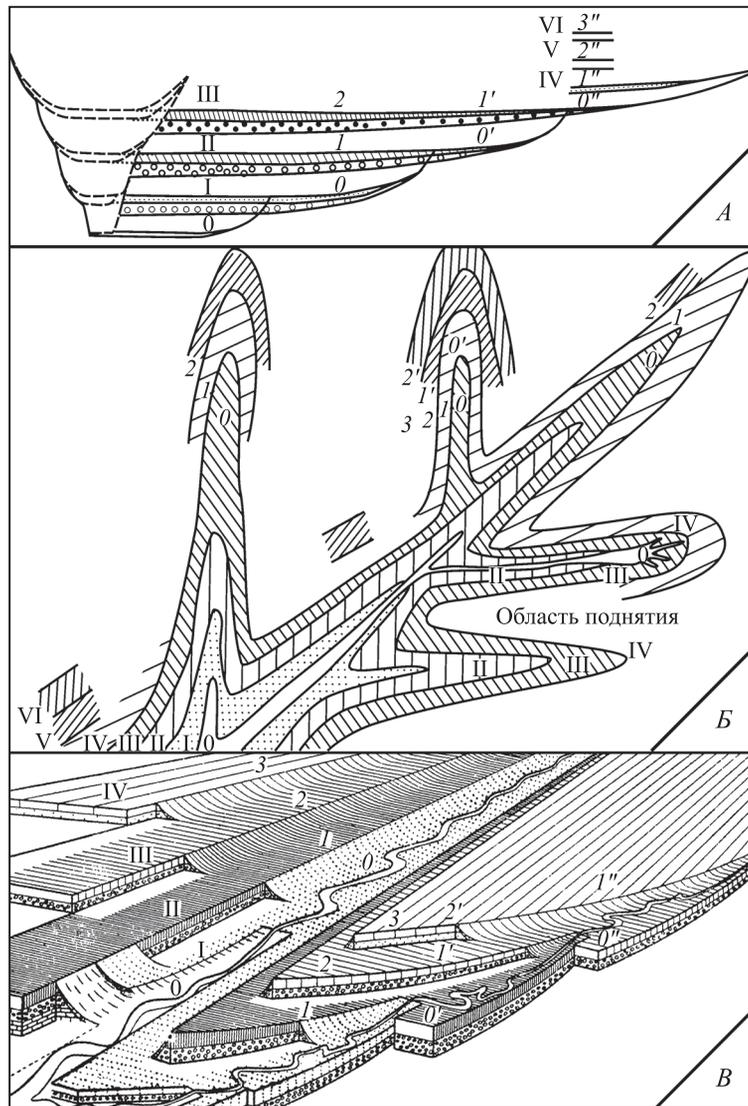


Рис. 1. Соотношение террас основной реки и ее притока, по Ю.А. Скворцову [22]: *А* – разрез, отражающий сопряжение террас притока с террасами главной реки, *Б* – схематическая карта речной долины, имеющей несколько террасовых долин; цифрами показан счет террас, начиная от поймы (обозначена 0), самостоятельный в каждом сечении; *В* – блок-диаграмма взаимоотношения террасовых долин главной реки с террасовыми долинами притока; показаны соотношения аллювия и дефлювия. Террасовые долины расположены друг над другом этажами.

ми, особенно Ю. А. Скворцовым. По его мнению, “история рельефа страны – история ее гидрографической сети. Поэтому путем изучения современных и древних речных систем можно познать историю развития и жизни рельефа исследуемого района” [21, с. 152]. Этот исследователь различает “террасы цикловые, связанные с изменением базиса эрозии в устьевой части речной системы, а следовательно, распространяющиеся на весь бассейн данной реки, и террасы локальные, появление которых вызвано местными причинами” [21, с. 151]. Поскольку вводится понятие о циклах эрозии, намечается зависимость этапности развития речных долин от ритма орогенических воздыманий. Ю. А. Скворцов отмечал,

что каждая региональная терраса имеет индивидуальные черты распространения и строения, свойственные долинам определенного этапа развития гидросети, т.е. отвечает самостоятельной “террасовой долине”. Важное достижение Ю. А. Скворцова – создание схемы соотношения террас основной реки и ее притоков, отражающей последовательное сокращение дальности проникновения более поздних эрозионных врезов вверх по долине (рис. 1) [22]. Такое сокращение рассматривается в качестве “тыловой террасовой лестницы”, обусловленной нарастанием интенсивности воздыманий [14, 16].

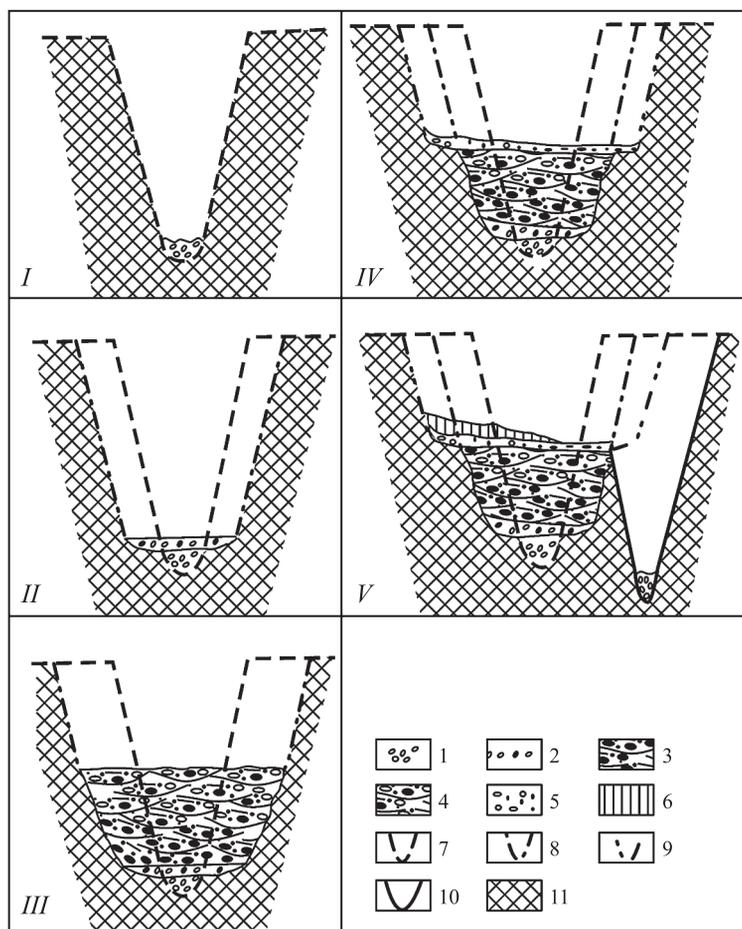


Рис. 2. Схема последовательности формирования цикловой террасы (по Н. В. Макаровой, В. И. Макарову и Б. Е. Акинину [7] с небольшими изменениями по [15]). Стадии: *I* – инстративная; *II* – субстративная; *III* – констративная; *IV* – перстративная; *V* – инстративная следующего цикла.

1 – галечно-валунные отложения с глинисто-песчаным заполнителем; 2 – базальные бурые конгломераты и валунные галечники; 3 – серовато-бурые крепко сцементированные линзовидно-слоистые конгломераты и галечники; 4 – буровато-серые слабо сцементированные конгломераты и галечники; 5 – серые рыхлые (сыпучие) галечники с песком; 6 – пролювиально-делювиальные покровные отложения; 7–10 – контуры эрозионных врезов разных стадий цикла: 7 – инстративной, 8 – субстративной и констративной, 9 – перстративной, 10 – инстративной следующего цикла, 11 – коренной цоколь.

Теория развития “террасовой долины” предполагает, что распространение эрозионных циклов от устья реки до ее верховьев требует длительного времени, а ряд разновозрастных циклов развивается параллельно. Но это не так, поскольку даже самый кратковременный преимущественно голоценовый эрозионный цикл уже проник до верховьев всех крупных среднеазиатских рек. Это позволяет считать разновысотные цикловые террасы практически разновозрастными.

Важным достижением сибирской геоморфологической школы, отраженным в трудах Ю. А. Билибина [1], явилось представление о том, что каждый эрозионный цикл развития речных долин делится на четыре фазы: глубинной эрозии и углубления долины; боковой эрозии и расширения долины; накопления наносов и заполнения

долины; покоя и преобладания переноса твердого материала и выноса его за пределы горной страны. Эти представления Ю. А. Билибина были дополнены В. В. Ламакиным и И. П. Карташевым представлением об эндогенных геодинамических фазах, зависящих от направленности вертикальных тектонических движений и связанных с ними динамических фазах развития долин и соответствующих динамических фазах формирования аллювия. В. В. Ламакин выделил инстративную, констративную и перстративную динамические фазы аллювия, а И. П. Карташев добавил субстративную фазу. Позднее появились среднеазиатские материалы, позволяющие и в долинах горных рек проследить четырехстадийную схему формирования эрозионно-аккумулятивного цикла со своеобразными инстративной, субстративной, кон-

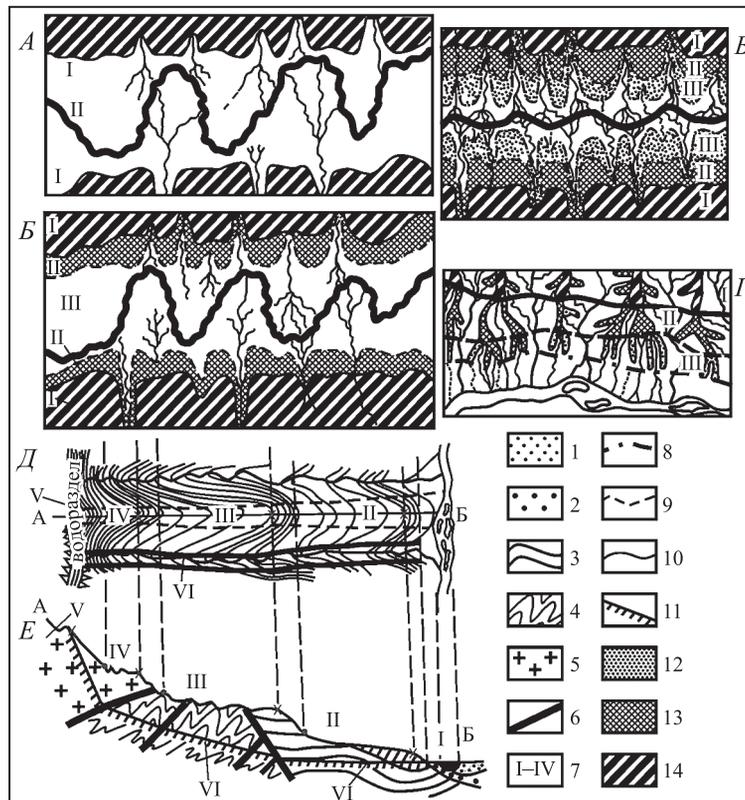


Рис. 3. Возрастное расчленение рельефа по Н. П. Костенко [4]. *А, Б, В* – последовательность расчленения склонов при формировании цикловых (региональных) террас, *Г* – сохранившиеся фрагменты склонов и днища эрозионных врезов, *Д* – рельеф склонов долины на топографической карте (сгущения горизонталей – склоны, их разрядка – присклоновая часть днища эрозионных врезов), *Е* – профиль по линии АБ. I–IV – разновозрастные эрозионные врезы, V – водораздел, VI – дно притока. 1–2 – аллювий главной реки; 3–5 – породы, слагающие склон (3 – осадочные, 4 – метаморфические, 5 – магматические); 6 – разрывы; 7 – индексы эрозионных врезов; 8–10 – линии, обобщающие одновозрастные эрозионные врезы (цикловые долины); 11 – дно притока, 12–14 – разновозрастные региональные эрозионные врезы.

стративной и перстративной динамическими фазами руслового аллювия (рис. 2) [6].

Важным методическим достижением среднеазиатской геоморфологической школы стала разработка Н. П. Костенко [3] в 50-х годах прошлого века оригинального способа картографического отражения результатов картирования эрозионных и эрозионно-аккумулятивных останцов разновозрастных террасовых элементов на горных гребнях (водоразделах) разных порядков (рис. 3). Эта прогрессивная методика использована в Таджикистане двумя группами под руководством Н. П. Костенко (от Московского государственного университета) и О. К. Чедия (от Таджикского государственного университета). К началу 1960-х годов было проведено мелкомасштабное (1:500 000) геоморфологическое картирование с выделением разновозрастных элементов рельефа всей территории Таджикистана. Параллельно проводилось картирование в том же масштабе четвертичных отложений и неотектоники, а также менее детальное (в масштабе 1:1 000 000)

составление палеогеографических схем для основных подразделений неоплейстоцена. Результаты данных исследований были многократно опубликованы, в том числе и монографически [3, 10, 23]. Позднее данная методика была применена на территории Киргизии и части Узбекистана [5, 24 и др.] и нашла отражение в учебных пособиях [2, 4]. Далее упомянутая методика, положившая начало оротектоническому методу, стала разрабатываться для применения в средних и крупных масштабах, соответственно совершенствуясь и дополняясь.

В средних масштабах (обычно 1:200 000) рассматриваемая методика наиболее полно применялась в двух ключевых регионах: Северном Таджикистане, охватывавшем западную часть Ферганской депрессии и смежные части Курминского и Туркестанского хребтов [10], и Западном Кавказе [13]. Для разных частей Ферганской депрессии были опубликованы фрагменты карт возрастного расчленения рельефа и геолого-геоморфологические профили, на которых

все складчатые и блоковые структуры получили самостоятельную индексацию. Эта индексация, отражающая иерархию структур, использована и в каталогах, где каждая структура получила разностороннюю характеристику. В регионе Западного Кавказа проделана аналогичная работа, но принципиально важным можно считать отражение в каталоге разрывных структур необходимой для строительного проектирования информации по количественной оценке поэтапных разрывных смещений.

В крупных масштабах (от 1:50 000 и крупнее) наиболее представительные материалы опубликованы для Кавказа, где они использовались для участков интенсивного хозяйственного освоения (например, в районе строительства горного кластера Олимпийских объектов в горной части бассейна р. Мзымты) и для участков изучения археологических памятников [14].

Разномасштабность кавказских исследований определила специфику задач, решаемых при построении региональной и локальных сетей геоморфологических профилей. Региональная сеть, обычно связанная со среднемасштабным картированием разновозрастных элементов рельефа и охватывающая значительную часть орогена, нацелена на выявление и датировку подразделений местной стратиграфической схемы террасовых образований, а также на характеристику основных типов новейших тектонических структур и установление степени наследования ими элементов более древнего структурного плана. Первая задача решается путем проведения профилей через основные стратотипы и объекты, где могут быть датированы выделяемые геоморфологические уровни, а вторая – пересечением наиболее представительных структурных элементов. Анализ характера соотношения разновозрастных структур обуславливает целесообразность совмещения геоморфологических профилей с геологическими или построения комплексных геолого-геоморфологических профилей.

Локальные сети геоморфологических профилей нацелены на выявление разномасштабных структур и по возможности более полную характеристику тектонических деформаций, особенно разрывных смещений. Именно при крупномасштабных исследованиях наиболее часто выявляется расщепление региональных геоморфологических уровней на самых активных поднятиях, и обнаруживаются малоамплитудные деформации и разрывные смещения.

В настоящее время комплексный оротектонический метод включает: 1) возрастное расчлене-

ние рельефа и картографирование его разновозрастных элементов, 2) выделение генетических комплексов (типов седиментации) континентальных отложений, 3) иерархический стратиграфический и циклический анализ образований террасового генетического комплекса для количественной оценки поэтапных новейших движений, выявления активных структур, определения режима и тенденций развития вертикальных тектонических движений, 4) картографирование морфоструктур, 5) анализ тектоно-климатической этапности и количественные палеотектонические и палеогеографические реконструкции, 6) анализ этапности морфоструктурного преобразования орографически выраженных новейших тектонических структур и картографирование сочетаний их современного уровня развития [15, 16]. Этот комплекс методических приемов с привлечением традиционных методов геотектонических исследований позволяет разносторонне освещать новейшее рельефо- и структурообразование и получить ряд важных результатов.

Представление об определяющей роли региональных террас для выявления региональной ярусности рельефа стало определяющим в стратификации горного неоплейстоцена. В Средней Азии с 1930-х годов оно позволило Ф. Ф. Мужчинкину и Н. П. Васильковскому установить четырехчленность неоплейстоценовых отложений Ферганской депрессии, а затем распространить эту схему на Приташкентский и другие районы Узбекистана. Далее аналогичная схема была разработана Н. П. Костенко для территории Южного Таджикистана. А затем появилась целая система скоррелированных между собой региональных стратиграфических схем четвертичной системы для всех орогенических областей Средней Азии и Казахстана. Предложена межрегиональная стратиграфическая схема бассейновых и террасовых новейших отложений Средней Азии, Казахстана и Юга Западной Сибири [10]. На Западном Кавказе аналогичная схема предусматривает корреляцию речных террас с морскими [13, 20].

Картирование разновозрастных элементов рельефа определило принципиальную возможность количественных оценок вертикальных тектонических движений и количественных реконструкций орогенического палеорельефа. Количественные оценки поэтапных орогенических движений в Средней Азии с середины 1960-х годов стали опираться на признание пропорциональности соотношения глубин разновозрастных эрозионных врезов соотношению абсолютных величин поэтапных воздыманий. Практически во всех

случаях получалось, что скорости новейших воздыманий прогрессировали, но основной скачок в их увеличении приходится на начало или середину неоплейстоцена [10 и др.]. Количественные реконструкции орогенического палеорельефа привели к составлению мелкомасштабных (1:1 000 000) палеогеографических схем плиоценовой, ранне- и среднечетвертичной эпох [23]. В Северном Таджикистане тогда же составлялись среднемасштабные (1:200 000) палеорекострукции [10], а крупномасштабные реконструкции осуществлялись на локальных участках расположения палеолитических стоянок открытого и пещерного типов [12]. Аналогичные построения осуществлены и на Западном Кавказе [13, 14].

Описаны особенности проявления в рельефе “мертвых” и “живых” структур, а также различия в облике структурных форм на конседиментационной, конденудационной и конэрозионной стадиях развития. Выделены основные геоморфологические зоны горной страны: внутренняя и внешняя в горном сооружении, предгорная и подгорная в пределах межгорных впадин. Показано, что районирование, предлагаемое Н. П. Костенко [3], отражает только современную геоморфологическую ситуацию. Границы большинства зон в процессе становления горной страны должны были смещаться [16]. В ряде регионов анализ расположения разновозрастных элементов рельефа позволил выявить разномасштабные новейшие перестройки структурного плана [10, 13].

Использование результатов применения оротектонического метода осложняется необходимостью решения ряда актуальных проблем.

1. Проблема примата тектоники или климата в интерпретации природы эрозионной фазы эрозионно-аккумулятивных циклов террасообразования. Сторонники климатической природы эрозионно-аккумулятивных циклов связывают активизацию эрозии с эпохами увлажнения климата, т.е. с увеличением водной массы водного потока, а их противники – с увеличением уклона русел, т.е. скорости водотока при орогенических импульсах. В настоящее время наиболее полные материалы по соотношению разнородных материалов получены для орогенов Средней Азии.

Связь эрозионных фаз эрозионно-аккумулятивных циклов с тектоническими импульсами в орогенах принимается большинством исследователей. Как указывает Н. И. Маккавеев [8], ведущее значение тектонического фактора по сравнению с климатическим в развитии продольного профиля реки и формировании ее террас под-

тверждено гидрологическими наблюдениями и экспериментами.

Орогенез неравномерен, и в нем выделяются циклы, которые начинаются фазами активизации воздыманий. Импульсы воздыманий нарушают профиль равновесия речного стока и активизируют глубинную, точнее углубляющую эрозию, которая развивается регрессивно вверх по долине не только от главного базиса эрозии или края орогена, но и от фаса каждого относительно активнее воздымающегося блока или складки. Начало тектонической активизации опережает начало интенсивной эрозии и может отвечать еще концу аккумулятивной фазы, по крайней мере, началу ее перстративной стадии.

Климатический цикл обычно проявляется в колебаниях температуры и увлажненности. Рубежи этих циклов могут не совпадать между собой. Не исключено, что в разных регионах планеты характер их соотношения меняется, но некоторые исследователи допускают синхронность климатических изменений во всей афро-азиатской части пустынного пояса северного полушария [9].

Для разновозрастного аллювия Средней Азии отмечается однотипность изменения окраски при смене стадий аккумуляции (рис. 4). У инстративного аллювия окраска желто-бурая, у субстративного – бурая, у констративного – серовато-бурая, а у перстративного – серая. Поскольку красноватые и бурые окраски традиционно считаются показателями теплого климата, а серые – холодного, указанная последовательность смены окрасок интерпретируется как принадлежность инстративного, субстративного и констративного аллювия к теплой фазе, т.е. к межледниковьям и интерстадиалам, а перстративного – к холодной. При этом максимум красноцветности приходится на время накопления субстративного аллювия, а завершение холодной стадии происходило, очевидно, перед накоплением сохранившегося в разрезе цикловой террасы инстративного аллювия [6]. Следовательно, теплая фаза температурного цикла отвечает времени большей части аллювиальной седиментации в горных долинах, а его холодная фаза – значительной своей частью и, очевидно, максимумом совпадает с эрозионной фазой эрозионно-аккумулятивного цикла. В таком случае холодная фаза температурного цикла оказывается весьма сближенной с активной фазой тектонического цикла [11, 16]. Карбонатная цементация, максимальная у субстративного аллювия и значительная у констративного, интерпретируется как показатель теплого и сухого, т.е. аридного климата [6].

Тектонические циклы	Проявления эрозионно-аккумулятивного цикла		Проявления климатического цикла				Горно-ледниковый цикл
			в аллювии		фазы увлажнения	температурные фазы	
Фазы	эрозия	аллювий в цикловой террасе	окраска	карбонатность			
активная	углубляющая	перстративный	серая	слабая	аридная	холодная	наступления
?							
пассивная		констративный	буровато-серая	умеренная		теплая	отступления
		субстративный	бурая	интенсивная			
	боковая				плювиальная	наступления	
		инстративный	желто-бурая	слабая			
?	углубляющая				?	холодная	наступления
активная		перстративный	серая	слабая			
?							

Рис. 4. Схема соотношения фаз эндогенной и экзогенной цикличности плейстоцена Средней Азии (заливка – активные фазы циклов).

В пределах каждого эрозионно-аккумулятивного цикла эрозионная фаза включает две разобобщенные подфазы: подфазу углубления вреза и подфазу его расширения. Эти подфазы имеют разную природу и значительную продолжительность. Подфаза углубления эрозионного вреза имеет тектоническую природу и развивается за счет увеличения уклонов русла рек после каждого орогенического импульса и соответствующего значительного повышения живой силы воды при увеличении квадрата скорости руслового потока. Такой поток стремился к восстановлению профиля равновесия за счет активизации глубинной эрозии. Эта подфаза начинается в конце перстративной стадии формирования аллювия и заканчивается перед его инстративной стадией. Она длительна, поскольку сопровождается размытием значительного массива скальных пород, так как величина поэтапного вреза в горных долинах составляет у позднеплейстоценовых врезов десятки, а у среднеплейстоценовых – сотни метров. Данная подфаза отвечает холодной фазе климатического цикла или смежным частям холодной и началу следующей теплой климатических фаз. В аридной зоне она завершается также плювиальной фазой, повышающей дополнительно и водообильность этого потока.

Вторая подфаза эрозионной фазы эрозионно-аккумулятивного цикла, обуславливающая расширение долины за счет боковой эрозии, располагается между инстративной и субстративной стадиями аллювиальной седиментации. Она

приходится на эпоху максимального потепления и таяния горных ледников. Соответственно эта эрозия развивалась за счет повышения объема водной массы потока без увеличения его скорости, поскольку восстановление профиля равновесия было достигнуто в предыдущую подфазу. Такой поток, меандрируя по днищу долины, естественно стремился не углублять, а расширять прежний эрозионный врез. В настоящее межледниковое время подобный мощный ворочающий валуны водный поток, с грохотом вырывается из-под Зеравшанского ледника в Гиссаро-Алае. Данное расширение днища долины также сопровождалось эрозией значительного массива скальных горных пород и потому не могло быть кратковременным.

Таким образом, углубление эрозионного вреза в горных долинах имело в основном тектоническую (орогеническую) природу, а расширение вреза и формирование его картируемого ныне днища – природу климатическую. Данная схема, с одной стороны, подтверждает единство тектоно-климатической этапности орогенического рельефообразования [11, 16], а с другой – свидетельствует не о простом чередовании эрозионной и аккумулятивной фаз эрозионно-аккумулятивного цикла, а о более сложном чередовании подфаз этих фаз.

2. Проблема соотношения эрозионно-аккумулятивных и горно-ледниковых циклов. Ледниковые фазы горного и равнинно-материкового оледенений совпадали не полностью. Неоплейстоценовые

материковые ледниковые щиты Северной Евразии исчезали в межледниковья, а крупные горно-долинные ледники только сокращались. В охваченные оледенением верховья рек регрессивная эрозия могла проникнуть в конце эрозионной фазы. Поскольку и здесь эрозия последующего цикла не достигала пределов эрозии предшествующего цикла, в тыловой части горных долин формировалась повсеместно наблюдаемая ледниковая лестница. Соответственно многие ледники сначала продвигались по поверхности более древней террасы предшествующего эрозионно-аккумулятивного цикла. В этом случае ледниковой обработке подверглись только борта долины. Но ниже ледниковый язык спускался в днище синхронного эрозионного вреза, и троговый облик приобретали не только борта, но и днище долины. Подобная ситуация подтверждается широко распространенным сопряжением днищ долинных трогов с цоколями аллювиальных террас [11, 17]. Продвижение горных ледников продолжалось и в подфазу эрозионного расширения долин, а граница подфазы нарастания и распада горного оледенения была близка к эпохе наиболее теплого и сухого климата, отвечающей времени накопления субстративного аллювия. Следовательно, и фаза наступания у горных ледников была продолжительнее, чем у равнинных, а общая плювиальная фаза отвечает скорее всего времени завершения холодных фаз [9] и концу фазы орогенической активизации. Очевидно, эта плювиальная фаза располагается внутри фазы разрастания горного оледенения.

В разработанных частях горных долин разновозрастные морены, флювиогляциальные и аллювиальные отложения располагаются на соответствующих разновысотных геоморфологических уровнях. В законсервированных верховьях долин можно наблюдать соотношение молодого ледника с аллювием предшествующего эрозионно-аккумулятивного цикла. Так, на Восточном Кавказе в верховьях Кизику-Мухского Койсу описывается фациальное замещение перстративного аллювия флювиогляциальными отложениями и перекрытие флювиогляциальных отложений мореной, а в верховьях Сурхоба и других среднеазиатских рек — налегание на констративный аллювий флювиогляциальных галечников, которые, в свою очередь, перекрываются мореной долинного ледника [7].

3. Проблема соотношения эрозионно-аккумулятивных циклов с подразделениями общей стратиграфической шкалы неоплейстоцена. Для голоцена и позднего плейстоцена совпадение этапов похолодания, увеличения общей увлажненности

и понижения уровня Мирового океана было установлено А. В. Шнитниковым [26] и подтверждено для всего неоплейстоцена многочисленными исследованиями [25]. Но коль скоро эрозионно-аккумулятивный цикл начинается с эрозионной фазы, которая и в горах, и на равнинах сближена с ледниковыми фазами, то границы этапов рельефообразования смещены относительно границ главных подразделений современной общей шкалы плейстоцена, начинающихся, как известно, с межледниковий и интерстадиалов [16].

4. Проблема учета и характеристики разрывных структур. Прогрессирующий характер новейшего орогенеза позволяет предполагать, что большинство новейших разрывов являются активными в настоящее время. Однако определенное увлечение изгибными деформациями сказалось и в том, что многие исследователи, выделяя на картах разрывы, выраженные в рельефе, не показывали на геоморфологических профилях разрывные смещения геоморфологических уровней. Решение задач строительного проектирования в орогенических областях потребовало фиксации именно разрывных смещений по активным разрывам, начиная со среднемасштабных исследований. Предложена методика расчета разрывных смещений за срок службы инженерных сооружений [15].

5. Проблема выделения сейсмогенерирующих структур. Проблема выделения тектонических структур, с которыми связаны очаги сильных землетрясений, включает в себя анализ новейших движений, а потому ее составным элементом, безусловно, должен быть анализ возрастного расчленения рельефа. Первоначально основными сейсмогенерирующими структурами считались активные тектонические разрывы, а позднее была отмечена важная роль поперечных структур и связь землетрясений с узлами пересечения структур основного и поперечного структурных планов. На примере Кавказа показано, что поперечные структуры делятся на разделительные (несейсмогенерирующие) и узлообразующие (сейсмогенерирующие). Разделительные зоны поперечного дробления могут характеризоваться как преобладанием воздыманий, так и прогибаний. Узлообразующие поперечные структуры отличаются преобладанием воздыманий, связанных с дизъюнктивными и дизъюнктивно-пликативными деформациями. Соответственно формируются дизъюнктивные и дизъюнктивно-пликативные структурные, обычно сейсмогенерирующие, узлы [15].

6. Проблема детализации количественных палеогипсометрических реконструкций. В настоящее время разработаны два подхода к количественной

оценке орогенических движений и построению палеогипсометрических реконструкций, опирающихся на возрастное расчленение орогенного рельефа: 1) вариант среднемасштабных реконструкций на основе расчетов для опорных точек [10, 13] и 2) вариант крупномасштабных реконструкций на основе расчета уклонов палеодолин [18, 19]. Существуют отдельные примеры более детальных палеореконструкций, но для них еще не выработан единый методический подход [14].

Оротектонический метод имеет разностороннее **практическое применение** (например, в проектировании строительства, поисках и разведке различных полезных ископаемых, геоэкологии, археологии), поскольку используется для 1) неоструктурного районирования с выделением складчатых, блоковых и разрывных структур; 2) количественного анализа вертикальных тектонических движений и на этой основе анализа этапности развития тектонических структур и орогенических областей в целом; 3) выявления активных тектонических разрывов и оценки тенденции их развития; 4) построения количественных палеорографических реконструкций; 5) выявления сейсмогенерирующих структур, с которыми связаны коровые землетрясения.

Теоретическое значение применения оротектонического метода заключается в возможности совершенствования отдельных элементов стратиграфии, характеристики новейших тектонических режимов, прогноза орогенических процессов [11, 16].

Оротектонический метод продолжает совершенствоваться. В качестве перспективных еще недостаточно проработанных направлений применения оротектонического метода можно считать: инженерные изыскания и строительное проектирование, поиски орографически выраженных нефтегазоносных и водоносных структур, поиски россыпей, разномасштабное сейсморайонирование, детальные палеогеографические и палеоэкологические реконструкции. Таким образом, оротектонический метод можно рассматривать как перспективный, эффективный, развивающийся и важный для геоэкологии, особенно для инженерной геотектоники, геодинамики, сейсмотектоники и палеогеоэкологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 472 с.
2. Корчуганова Н. И., Костенко Н. П., Межеловский И. Н. Неотектонические методы поисков полезных ископаемых. М.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2001. 212 с.
3. Костенко Н. П. Развитие складчатых и разрывных деформаций в орогенном рельефе. М.: Недра, 1972. 320 с.
4. Костенко Н. П. Геоморфология. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1999. 383 с.
5. Макаров В. И. Новейшая тектоническая структура Центрального Тянь-Шаня. М.: Наука, 1977. 172 с.
6. Макаров В. И., Макарова Н. В., Акинин Б. Е. Основные закономерности строения четвертичного аллювия и стадии формирования террас горных рек Средней Азии // Бюлл. КИЧП, 1979. № 49. С. 90–104.
7. Макарова Н. В., Макаров В. И., Акинин Б. Е. Закономерности строения и развития речных долин Средней Азии в четвертичном периоде // История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. Западная Сибирь и Средняя Азия. Новосибирск: Наука, 1979. С. 93–100.
8. Маккавеев Н. И. Сток и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1971. 115 с.
9. Мамедов Э. Д. О плювиальных палеоклиматах пустынь в плейстоцене // Проблемы освоения пустынь. 1985. № 3. С. 10–16.
10. Несмеянов С. А. Количественная оценка новейших движений и неоструктурное районирование горной области. М.: Недра, 1971. 144 с.
11. Несмеянов С. А. Корреляция континентальных толщ. М.: Недра, 1977. 198 с.
12. Несмеянов С. А. Палеогеография палеолитических стоянок в горных областях Средней Азии // Палеоэкология древнего человека. М.: Наука, 1977. С. 216–222.
13. Несмеянов С. А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа (опережающие исследования для инженерных изысканий). М.: Недра, 1992. 254 с.
14. Несмеянов С. А. Геоморфологические аспекты палеоэкологии горного палеолита (на примере Западного Кавказа). М.: Научный мир, 1999. 392 с.
15. Несмеянов С. А. Инженерная геотектоника. М.: Наука, 2004. 780 с.
16. Несмеянов С. А. Генетические комплексы континентальных отложений. М.: Книга и Бизнес, 2012. 397 с.
17. Несмеянов С. А., Бархатов И. И. Новейшие и сейсмогенерирующие структуры Западного Гиссаро-Алая. М.: Наука, 1978. 120 с.
18. Несмеянов С. А., Воейкова О. А., Мурыш А. А. Методика построения среднемасштабных количественных палеореконструкций рельефа приморского орогена // Геоэкология. 2016. № 1. С. 3–24.
19. Несмеянов С. А., Воейкова О. А., Мурыш А. А. Среднемасштабные количественные реконструкции палеорельефа приморского орогена (на примере бас-

- сейна р. Мзымты на Кавказе) // Геоэкология. 2016. № 4. С. 291–304.
20. Несмеянов С.А., Измайлов Я.А. Тектонические деформации черноморских террас Кавказского побережья России (опережающие исследования для инженерных изысканий). М.: ПНИИИС, 1995. 239 с.
 21. Скворцов Ю.А. К методике геоморфологической и четвертичной съемки (по материалам исследования в западных отрогах Тянь-Шаня) // Проблемы советской геологии. 1934. Т. IV. № 10. С. 144–153.
 22. Скворцов Ю.А. Методы геоморфологического анализа и картирования // Тр. Института географии АН СССР, 1948. В. 39. С. 265–273.
 23. Чедия О.К. Юг Средней Азии в новейшую эпоху горообразования. Фрунзе: Илим. Кн. 1. Континентальные кайнозойские накопления и геоморфология. 1971. 332 с.; Кн. 2. Новейшая тектоника и палеогеография. 1972. 226 с.
 24. Чедия О.К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1986. 314 с.
 25. Четвертичная система (сер. Стратиграфия СССР). Полутом 1. М.: Недра, 1982. 443 с.
 26. Шнитников А.В. Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности. Л.: Наука, 1969. 246 с.
- the Quaternary period]. *Istoriya razvitiya rechnykh dolin i problemy melioratsii zemel'. Zapadnaya Sibir' i Srednyaya Aziya* [History of river valleys development and problems in land reclamation]. Novosibirsk, 1979, pp. 93–100 (in Russian).
8. Makkaveev, N. I. *Stok i ruslovyye protsessy* [Runoff and channel processes]. Moscow: MGU, 1971, 115 p. (in Russian).
 9. Mamedov, E.D. *O plyuvial'nykh paleoklimatakh pustyn' v pleistotsene* [About pluvial paleoclimate of deserts in the Pleistocene]. *Problemy osvoeniya pustyn'*, 1985, vol. 3, pp. 10–16 (in Russian).
 10. Nesmeyanov, S. A. *Kolichestvennaya otsenka noveishikh dvizhenii i neostrukturnoe raionirovanie gornoj oblasti* [Quantitative assessment of the latest movements and neotectonic zoning of the mountain area]. Moscow: Nedra, 1971, 144 p. (in Russian).
 11. Nesmeyanov, S. A. *Korrelyatsiya kontinental'nykh tolshch* [Correlation of continental strata]. Moscow: Nedra, 1977, 144 p. (in Russian).
 12. Nesmeyanov, S. A. *Paleogeografiya paleoliticheskikh stoyanok v gornykh oblastyakh Srednei Azii* [Paleogeography of paleolithic sites in the mountainous regions of Central Asia]. *Paleoekologiya drevnego cheloveka*. Moscow: Nauka, 1977, pp. 216–222 (in Russian).
 13. Nesmeyanov, S. A. *Neostrukturnoe raionirovanie Severo-Zapadnogo Kavkaza (operezhayushchie issledovaniya dlya inzhenernykh izyskaniy)* [Neostuctural zoning of the North-West Caucasus (advanced studies for engineering survey)]. Moscow: Nedra, 1992, 254 p. (in Russian).
 14. Nesmeyanov, S. A. *Geomorfologicheskie aspekty paleoekologii gornogo paleolita (na primere Zapadnogo Kavkaza)* [Geomorphological aspects of paleolithic paleoecology in mountain areas (by the example of the Western Caucasus)]. Moscow: Nauchnyi mir, 1999, 392 p. (in Russian).
 15. Nesmeyanov, S. A. *Inzhenernaya geotektonika* [Engineering geotectonics]. Moscow: Nauka, 2004, 780 p. (in Russian).
 16. Nesmeyanov, S. A. *Geneticheskie komplekсы kontinental'nykh otlozhenii* [Genetic complexes of continental deposits]. Moscow: Kniga i biznes Publ., 2012, 397 p. (in Russian).
 17. Nesmeyanov, S.A., Barkhatov, I. I. *Noveishie i seismogeneriruyushchie struktury Zapadnogo Gissaro-Alaya* [The newest and seismogenic structures of the Western Hissar-Alai]. Moscow: Nauka, 1978. 120 p. (in Russian).
 18. Nesmeyanov, S.A., Voeikova, O.A., Muryi, A. A. *Metodika postroeniya srednemasshtabnykh kolichestvennykh paleorekonstruksii rel'efa primorskogo orogena* [A method for creating medium-scale paleoreconstructions of coastal orogeny relief]. *Geoekologiya*, 2016, no. 1, pp. 3–24 (in Russian).
 19. Nesmeyanov, S.A., Voeikova, O.A., Muryi, A. A. *Srednemasshtabnye kolichestvennye rekonstruksii paleorel'efa primorskogo orogena (na primere basseina r. Mzymty na Kavkaze)* [Medium-scale reconstruction of coastal oro-

REFERENCES

- geny paleorelief (by the example of Mzymta river basin, the Caucasus)]. *Geoekologiya*, 2016, no. 4, pp. 291–304 (in Russian).
20. Nesmeyanov, S.A., Izmailov, Ya. A. *Tektonicheskie deformatsii chernomorskikh terras Kavkazskogo poberezh'ya Rossii (Operezhayushchie issledovaniya dlya inzhenernykh izyskaniy)*. [Tectonic deformations of the Black Sea terraces in the Russian Caucasus coast (advance research for engineering surveys)]. Moscow: PNIIS, 1995, 239 p. (in Russian).
 21. Skvortsov, Yu. A. *K metodike geomorfologicheskoi i chetvertichnoi s'emki (po materialam issledovaniya v zapadnykh otrogakh Tyan'-Shanya)* [The procedure of geomorphological and Quaternary deposits survey (based on research in the western spurs of Tian Shan)]. *Problemy sovetskoi geologii*. 1934, vol. IV, no. 10, pp. 144–153 (in Russian).
 22. Skvortsov, Yu. A. *Metody geomorfologicheskogo analiza i kartirovaniya* [Methods of geomorphological analysis and mapping]. *Tr. In-ta geografii AN SSSR*, 1948, vol. 39, pp. 265–273 (in Russian).
 23. Chediya, O. K. *Yug Srednei Azii v noveishuyu epokhu gorobrazovaniya* [The south of Central Asia in the modern orogenic era]. Frunze, Ilim. Book 1. *Kontinental'nye kainozoiskie nakopleniya i geomorfologiya* [Continental Cenozoic accumulation and geomorphology]. 1971, 332 p.; Book 2. *Noveishaya tektonika i paleogeografiya* [The newest tectonics and paleogeography]. 1972, 226 p. (in Russian).
 24. Chediya O. K. *Morfostruktury i noveishii tektogenez Tyan'-Shanya* [Morphostructures and newest tectogenesis of Tien Shan]. Frunze: Ilim, 1986, 314 p. (in Russian).
 25. *Chetvertichnaya sistema (ser. Stratigrafiya SSSR)* [Quaternary system (Stratigraphy of the USSR series)]. Moscow: Nedra, 1982, vol. 1, 443 p. (in Russian).
 26. Shnitnikov A. V. *Vnutrivenkovaya izmenchivost' komponentov obshchei uvlazhnennosti* [Centennial variability of the general moisture components]. Leningrad: Nauka, 1969, 246 p. (in Russian).

OROTECTONIC METHOD: HISTORY OF DEVELOPMENT AND PROSPECTS IN APPLYING TO GEOECOLOGY

S. A. Nesmeyanov

*Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Sciences,
Ulanskii per. 13, bld. 2, Moscow, 101000 Russia. E-mail: voa49@mail.ru*

The paper shows the history of developing ideas and methods in the study of the relief age division, which forms the basis of an integrated orotectonic method. This method includes: 1) age division of the relief and mapping of its different-aged elements, 2) the selection of genetic complexes (sediment types) of continental deposits, 3) hierarchical stratigraphic and cyclic analysis of the terrace genetic complex formations in order to assess quantitatively the stages in the newest tectonic movements, to identify active structures, and to determine the mode and trends in vertical tectonic movements, 4) mapping of morphostructures, 5) analysis of the tectonic-climate phases and quantitative paleotectonic and paleogeographic reconstructions, 6) phase analysis of morphological transformation of orographically expressed latest tectonic structures. The use of orotectonic method allowed us to consider a number of important issues, including the ratio of tectonics and climate input in terrace formation, the ratio of erosion-accumulative and mountain-glacial cycles, the ratio of erosion-accumulative cycles with units of general stratigraphic Neopleistocene scale, detailed elaboration of incremental quantitative paleotectonic and paleogeographic (especially paleohypsometric) reconstructions, etc. It was found that the erosion phase of erosion-accumulation cycle consists of downward and lateral erosion subphases. The former is of tectonic origin and develops upon the cooling climate, between the perstrative and instrative stages of alluvial sedimentation. The latter subphase is controlled by the warming climate, between the instrative and substrative stages. The practical significance of orotectonic method consists in drawing up the regional and interregional stratigraphic schemes of Neopleistocene based on the terrace-formation analysis, composing hierarchical schemes of neostucture zoning, identifying the seismogenic and active tectonic structures and assessing their hazard for engineering, determining the mode and trends of orogenic movements, etc. The conclusion is made that the orotectonic method can be considered as forward-looking, efficient and important for geoecology, particularly for engineering geotectonics, geodynamics, seismotectonics and paleoecology.

Key words: *orotectonic method; age subdivision of relief; genetic complexes of continental deposits; erosion-accumulation cycle; terrace; glacier; folded, disjunctive and blocky structures, geomorphological level, geoecology, geodynamics, seismotectonics, paleoecology.*